

⑯ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—75656

⑤ Int. Cl.³
H 01 L 27/15
27/14

識別記号

庁内整理番号
6666—5 F
6819—5 F

⑬ 公開 昭和59年(1984)4月28日
発明の数 1
審査請求 有

(全 6 頁)

⑭ 半導体集積回路構造

番 4 号工業技術院電子技術総合
研究所内

⑮ 特 願 昭57—187044

⑯ 発 明 者 永井清子

⑰ 出 願 昭57(1982)10月25日

茨城県新治郡桜村梅園 1 丁目 1

⑱ 発 明 者 関川敏弘

番 4 号工業技術院電子技術総合

茨城県新治郡桜村梅園 1 丁目 1

研究所内

番 4 号工業技術院電子技術総合
研究所内

⑱ 発 明 者 鈴木英一

⑲ 発 明 者 林豊

茨城県新治郡桜村梅園 1 丁目 1

茨城県新治郡桜村梅園 1 丁目 1

番 4 号工業技術院電子技術総合

番 4 号工業技術院電子技術総合
研究所内

研究所内

⑳ 出 願 人 工業技術院長

㉑ 発 明 者 川浪仁志

㉒ 指定代理人 工業技術院電子技術総合研究所

茨城県新治郡桜村梅園 1 丁目 1

長

明 細 書

1. 発明の名称

半導体集積回路構造

2. 特許請求の範囲

- (1) それぞれ半導体電子素子を含んで成る複数の単位回路を同一の基板上に形成し、或る単位回路中の送信部から別の単位回路中の受信部へ信号情報を伝送する伝送路を有する半導体集積回路構造であつて、

上記送信部を電気光変換発光素子で、上記受信部を光電気変換受光素子で構成すると共に、上記伝送路を光導波路で構成したことを特徴とする半導体集積回路構造。

- (2) 光導波路は、一対の送信部と受信部に専用のものであることを特徴とする特許請求の範囲(1)に記載の構造。

- (3) 光導波路は、複数対の送信部と受信部に共通のものであることを特徴とする特許請求の範囲(1)に記載の構造。

- (4) 送信部の発光素子は無指向性であることを特徴とする特許請求の範囲(3)に記載の構造。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、いくつかの単位回路を有し、単位回路間で情報信号の授受を必要とするように構成された半導体集積回路構造の改良、殊に情報信号伝送の高速化を図つた半導体集積回路構造に関する。

バイポーラ乃至MOSトランジスタ等の構成素子を持つ単位回路(素子数が単一の場合も含む)を複数個、同一の基板上に集積し、単位回路間で情報信号の授受を行なわせる半導体集積回路はよくあるが、従来のは、いづれも、情報信号の伝送はキャリアの流れ乃至電流によつていた。

即ち、送信部も受信部も、半導体電子デバイスとしてのトランジスタ等で構成され、その間の伝送路は当然のこととして、金属等の導電材料線路で構成されていた。

然るに、集積密度の向上は将来に亘つてより

一層の進展を見せることは、これまでの経緯からも明らかであり、従つて、単位回路自体乃至は各単位回路の構成子が更に微細化していくことによつて、一枚の基板上に搭載される単位回路数も大幅に増加し、複雑化していくことが見込まれるが、そうすると、逆に、単位回路間を連絡する配線長は長くなつていくことが予想される。

すると、微細化により単位回路自体が電気信号を処理するのに要する時間がいくら短くなつても、単位回路間信号伝送路を電気信号が通過するに要する時間遅れの方が同程度かそれ以上に長くなる虞れが十分にあり、それでは折角の寸法微細化による集積回路全体の性能向上も阻害されてしまふ。

本発明は、この点に鑑てなされたもので、複数の単位回路を同一基板上に搭載して成る半導体集積回路構造において、単位回路間の情報信号伝送に要する時間を短縮できる、乃至時間遅れを少く抑えることのできる構成を提供せんと

方式では光導波路中における時間遅れは無視できるほど小さくなり、信号伝送遅れ時間 T_{DO} は発光素子を駆動してから発光までの遅れ時間 T_{DDE} と受光素子が受光後信号検出に必要な電位変化を出力するまでの遅れ時間 T_{DON} との和としてほぼ表わすことができる。すなわち、

$$T_{DO} = T_{DDE} + T_{DON} \quad \dots (2)$$

である。比較のため発光素子駆動電流を従来方式の出力電流 I_0 と同じにとると T_{DDE} 、 T_{DON} は次のようにほぼ表わすことができる。

$$T_{DDE} = C_E V_D / I_0 \quad \dots (3)$$

$$T_{DON} = (C_D + C_i)(\Delta V) / (\eta_E \eta_D I_0) \quad \dots (4)$$

ここに、 C_E, V_D は発光素子の端子容量及び端子電圧であり、 C_D は受光素子の端子容量、 C_i は受光素子の端子に接続される電気信号検出のための素子の入力容量、 η_E 及び η_D はそれぞれ発光効率及び受光効率である。

而して、上述の式から顯らかなように、従来の電気信号のままによる信号伝送時間遅れは配線長 L に依存し、他方、光信号に変換してのそ

するものである。

本発明を端的に言えば、従来、電気信号を電気信号としてそのまま伝送していたのに代え、一旦、光信号に変換して伝送しようとするもの、言い換えれば、全体としては半導体集積回路ではあるが、その単位回路間の情報信号伝送路には光導波路構成を持つものである。これにより、所期の目的としての信号伝送の高速化が満たされることは、次の知見乃至原理から証される。

半導体集積回路において、単位回路あるいは単位システム間の信号の送受を、金属等導電性材料を用いた配線により、それら入出力素子間を接続し、電気信号によつて行なり従来方式における信号伝送遅れ時間 T_{DE} は、次の式でほぼ表わすことができる。

$$T_{DE} = C_W L (\Delta V) / I_0 \quad \dots (1)$$

ここに、 C_W は配線の単位長さ当りの容量、 L は配線長、 ΔV は信号検出のために必要な電位変化、 I_0 は出力素子が駆動するために供給可能な出力電流である。一方、光信号によつて行なり

れは配線長には依存しないため、同じ製造技術を仮定した場合、どの程度の配線長までなら従来方式の方が高速であるとか、逆に最低配線長 L_{min} を越える配線長の場合には光変換方式の方が有利であるとの比較をなすことができる。答を言えば、現在の $3 \sim 4 \mu m$ ルールの製造技術では、上記の L_{min} は $1 mm$ 程度であり、一方、実際の配線長はこれより長く、将来に亘つての集積密度向上に伴う L_{min} の低下や、配線長 L が更に長くなつていくことをも考え併せると、光電変換時間を要しても尚、 $T_{DO} \leq T_{DE}$ となる。更に集積回路の線幅が $1 \mu m$ 以下となると配線の浮遊容量 C_W は線幅の微細化に比例して小さくなることは期待できず、配線の単位長さの遅れは $1 \mu m$ 以下の微細化では改善度は少ない。一方、光変換伝送方式は微細化の約 2 乗に比例して遅れ時間が小さくなるから、結局、殆どどの配線長に対して光変換方式の方が有利と見ることができる。

このように、従来配線方式にくらべると、本発明者がここで勘察した光変換方式の方が優れ

ていると結論付け得る。

こうした知見乃至原理に基づく本発明の一つの実施例が第1図に示してある。

基板1は、従来の半導体集積回路構造にかけると同様、半導体結晶乃至絶縁物基板層上に半導体層を積層して成る基板で良く、これに従来と同様、単位の半導体集積回路を複数個形成して良い。但し、各単位回路自体は本発明が直接にこれを規定するものではないので、図示及び説明を省略する。

基板1の表面上には、一般に、集積回路の電氣的配線部分や素子間分離等のために絶縁膜2が設けられているが、この第一の実施例では、この絶縁膜2をその上に形成される光導波路3の一種のクラッド層として利用している。従つて、絶縁膜2が光導波路3を設ける部位に形成されていない場合には、本発明のために意図的にこの絶縁膜乃至クラッド膜、或いはまた反射膜を別途形成しても良いことは勿論、基板1の方の屈折率が形成する光導波路3のそれより小

さければ、光導波路3は基板1上に直接に形成することもできる。

光導波路3の一端には、或る単位回路の送信部 E_i , $i = 1, 2, 3, \dots$ が、他端にはこの単位回路からの信号を受ける他の単位回路の受信部 D_i , $i = 1, 2, 3, \dots$ が設けられる。各単位回路は、必要に応じて、複数個の送信部、受信部を有して良い。

各送信部、受信部の具体的構成例は図示のようなものがある。送信部 E_i に就いては、基板1上に発光ダイオード、半導体レーザ等の電気光変換発光素子4を設ければ良く、その活性領域乃至発光部6が光導波路3内へ光1を出射できるように配置する。この発光素子4を駆動するための電圧領域5は図示のように基板表面中に形成することができる。

一方、受信部 D_i としての受光素子10は、例えば基板表面部分に設けた第一領域7と、この周辺の基板1の部分としての第二領域10aとの間でpn接合を形成するようにして構成でき、第一領

域7をこの受信部を持つ単位回路の所定の電気信号入力端子に接続すれば当該領域7に生ずる電位変化を情報信号として検出することができる。尚、光導波路3は、この受信部に対して光を導くために、基板側に向けて折れ下がつた形状に構成されている。この折れ下がつた端部や、送信部側の端部での光洩れを特に防ぐため、当該端部周面に反射膜8を付しているが、光の進行方向に対する光導波路端部の角度が臨界角以上である場合には全反射が起こるので、特に反射膜8を要しないこともある。これは、用いる光の波長に整合する間隔の格子を光導波路端部に設ける場合に就いても言える。

また、光導波路3の断面寸法が、用いる光の波長に対して十分大きい場合は、光導波路内の光波の伝搬状態は幾何光学的に表わされ、従つて発光部と受光部を結ぶ光導波路は必ずしも直線的でなくてよい。例えばいくつかの折れ線が連結されたような状態に光導波路を設けることもできる。ただし、この場合、光が導波路より

洩れないように、必要に応じて光導波路の外側に光反射膜等を設ければ効率の良い伝送ができる。

以上が第一の実施例であるが、光導波路の断面寸法が光導波路内の光の波長と同程度にまで微細化してくると、光導波路内の光の伝搬状態が幾何光学で表わすことができなくなり、光導波路も簡単には屈曲させ得なくなることが考えられる。これに対処するには、より高精度な加工技術及びより高品質な光導波路材料が要求され、システム全体としての歩留りが低下し、従つてコストの低減化が困難となるおそれもある。

第2図は、このような課題をも克服できる実施例である。対応する図中の符号は第一実施例中の構成子に対応する構成子を示すが、第2図(a)中に光導波路3を採り出して平面図的に示すように、この実施例では、第一実施例の一つの送信部、受信部対に各専用のストライプ状の光導波路ではなく、共通光導波路構造としての面状の光導波路3を用いており、この面状光導波

路3の周側壁の複数個所に、この光導波路で連絡を取り合うべき各単位回路の送信部 E_i 、受信部 D_i を臨ませている。

図示の場合は、三つの送信部 $E_1 \sim E_3$ と受信部 $D_1 \sim D_3$ を簡単のために示しており、夫々一つづつが対となつて、大略三角形の面状光導波路3の各頂点に各対が配されている。各頂点は、一対の送信部、受信部が臨み易いように角を落とされているため、見方によつては面状導波路3は一つ置きに短辺、長辺が入れ子になつた六角形状とも見え、その各短辺部分に各送信、受信部対が臨んでいるとも言える。

勿論、面状光導波路形状はこれに限らず任意であり、単意回路数乃至送信、受信部数も必要に応じての任意の問題である。

各送信部、受信部を構成する発光素子4、受光素子10は、第2図(b)の断面端面図に示すように、第1図に示したと同様の適宜構成で良い。また、例えば、このような光導波路構成では、発光部4に指向性を持たせて特定の受光素子に

のみ光を送つても良いし、第2図(a)中、矢印1で示すように、無指向性発光ダイオードを用いる等して、総ての受光素子10…に送信するようにしても良い。その光信号を受信し、情報として用いるかどうかは各単位回路の選択にまかせて良い。

この実施例のように、光導波路を面状とすれば、その断面寸法はその中の光波の波長より十分大きくとることができ、先の制約は回避できる。

尚、第2図(b)中には、既存の技術で形成され、所定機能電気信号を取扱うことにより営む半導体集積回路11…を模式的に併示している。

第一、第二実施例を問わず、光導波路の材料としては、その中の光波の吸収がないか、又はあつても極く少ないものが望ましい。例えば、その中の光波のエネルギーより十分大きなバンドギャップをもつ材料が良い。

次に、材料、製法的な観点から望ましい具体例に言い及ぶ。

基板1がシリコンである時には、発光素子4としては、このシリコン基板上に液相乃至気相エビタキシャル法、MBE等でエビタキシャル成長の可能なGaPに発光中心としてN原子を導入した緑色発光ダイオードとか、Zn原子とO原子を導入した赤色発光ダイオードを用い、これに適わしい光導波路3としては、不純物の添加されていないGaPを用いると良い。GaPの光導波路を通る光のエネルギーは当該GaPのバンドギャップよりも小さいので望ましくない光吸収を避けることができる。

また、基板1上の絶縁膜2に開口を開け、GaPをエビタキシャル成長させると、開口上にはGaPの単結晶を成長でき、絶縁膜上には多結晶又はアモルファスGaPが成長する。そして開口上に形成されたGaP単結晶中に前述したN原子、Zn原子及びO原子を選択的に導入すれば、発光素子及び受光素子と光導波路を一体化して形成でき、別々に形成した場合における発光、受光素子の各個と光導波路との位置合せの工程を省

略することができる。発光メカニズムはGaP中にpn接合を形成するとか領域3とGaPの接合面からキャリアを注入するヘテロ構造によるとかがある。

発光素子部分のGaP上に $Ga_xIn_{1-x}P$ の成長を行えば、発光波長は導波路に用いるGaPのバンドギャップエネルギーより小さくなり同様に光吸収が生じない。更に In の量が増加した場合はレーザダイオードが形成できる。レーザ発光はp形GaP/p又はn形 $Ga_xIn_{1-x}P$ /n形GaPのヘテロ構造で可能となる。

以上、詳記したが、本発明によれば、同一基板乃至チップ上に構成された半導体集積回路の配線による信号伝送遅れを小さくし、微細化による性能向上を十分に発揮でき、単位回路間の信号伝送の高速化、全体システムの高機能化が可能である。

また、第2図示のような面構造の導波路の場合は、発光素子を指向性の少ないLEDで構成して集積光バス機能を実現することもある。す

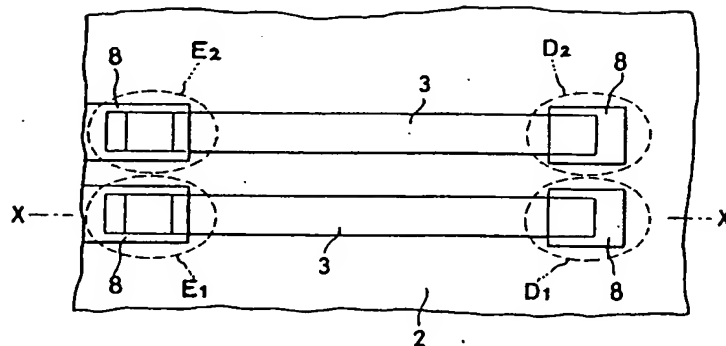
なわち、この面状導波路の端部に信号送端としての発光素子、信号受端としての受光素子を必要個数結合しておけば任意の送端から任意の受端へ、従来の電気信号バスラインを用いたときの信号遅れよりはるかに小さい遅れで、信号の送信が可能となる。

図面の簡単な説明

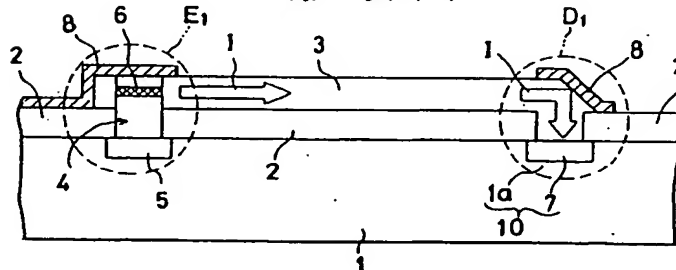
第1図(a)は本発明第一の実施例の平面図的な概略構成図、第1図(b)は第1図(a)中のX-X線に沿う断面端面図、第2図(a)は第二実施例の平面図的な要部概略構成図、第2図(b)は第2図(a)中のX-X線に沿う断面端面図、である。

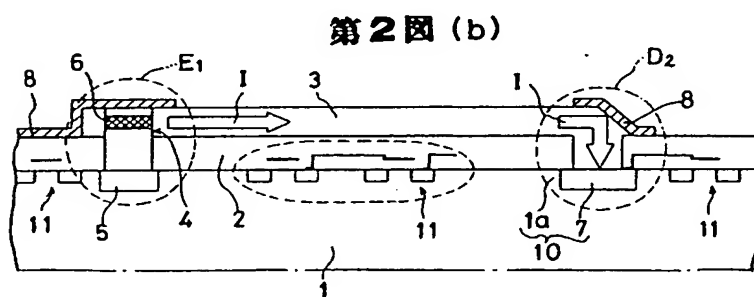
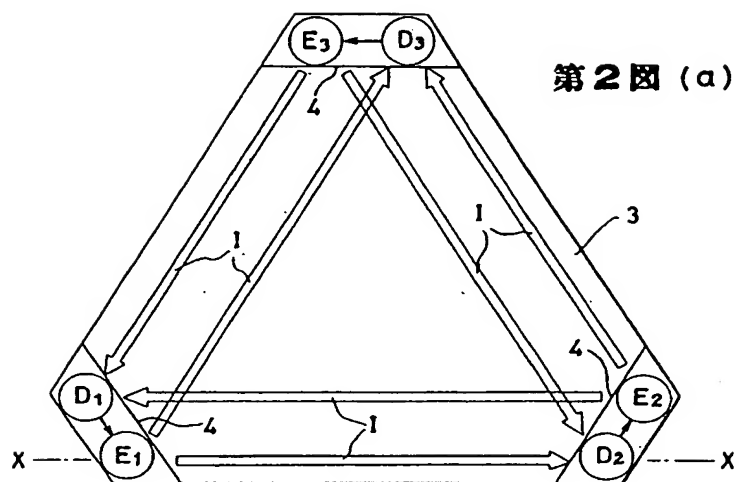
図中、1は基板、3は光導波路、4は発光素子、10は受光素子、E_iは送信部、P_iは受信部、である。

第1図 (a)



第1図 (b)





SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT STRUCTURE

Patent Number: JP59075656
Publication date: 1984-04-28
Inventor(s): SEKIKAWA TOSHIHIRO; others: 04
Applicant(s):: KOGYO GIJUTSUIN; others: 0J
Requested Patent: ☐ JP59075656
Application Number: JP19820187044 19821025
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L27/15 ; H01L27/14
EC Classification:
Equivalents: JP1806514C, JP5017712B

Abstract

PURPOSE:To shorten the time required for transmitting an information signal, or to reduce time delay by setting up an optical waveguide as an information signal transmitting path between unit circuits for an integrated circuit.

CONSTITUTION:Regarding a transmission section E1, electric light converting light-emitting elements 4, such as a light-emitting diode, a semiconductor laser, etc. are set up on a substrate 1, and the active region or light-emitting section 6 for the elements is arranged so as to emit beams I into the optical waveguide 3. An electrode region 5 for driving the light-emitting elements 4 is formed in the surface of the substrate. On the other hand, light-receiving elements 10 as a reception section D1 are constituted so that a P-N junction is formed between a first region 7 formed to a section such as the surface section of the substrate and a second region 1a as a substrate 1 section around the first region, and a potential change generated in the first region 7 can be detected as an information signal when the first region 7 is connected to the predetermined electric signal input terminal of the unit circuit with the reception section. The optical waveguide 3 is constituted to a shape that it is bent down toward the substrate side in order to introduce beams toward the reception section.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Patent Application Laid-Open No. 59-75656

Laid-Open Date: April 28, 1984

Application No. 57-187044

Application Date: October 25, 1982

Applicant: Chief of KOGYO GIJUTSUIN ELECTRONIC
TECHNOLOGY SYNTHETIC LABORATORY

Inventors: Sekikawa Toshiro

c/o KOGYO GIJUTSUIN ELECTRONIC TECHNOLOGY SYNTHETIC
LABORATORY, 1-4, 1-chome, Sakura-mura baien, Niiharu-
gun, Tochigi-ken, Japan; and four others

Agent: Akira Okaji and two others

SPECIFICATION

1. Title of the Invention:

Semiconductor Integrated Circuit Structure

2. Claims:

(1) A semiconductor integrated circuit structure comprising a plurality of unit circuits each including a semiconductor electronic element formed on the same and one substrate, and a transmission path for transmitting signal information from a transmission section in one unit circuit to a reception section in another unit circuit,

wherein the transmission section is composed of an electro-photo-converting light-emitting element, and the reception section is composed of a photo-electro-converting light-receiving element, and the transmission path is composed of an optical waveguide.

(2) The structure according to claim (1), wherein the optical waveguide is used for only a pair of the transmission section and the reception section.

(3) The structure according to claim (1), wherein the optical waveguide is commonly used for a plurality of pairs of the transmission section and the reception section.

(4) The structure according to claim (3), wherein the light-emitting element of the transmission section has non-directivity.

3. DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The present invention relates to the improvement of a semiconductor integrated circuit structure having some unit circuits, which is constituted to require the transfer and reception of information signals between the unit circuits, and particularly to a semiconductor integrated circuit structure for achieving high-speed transmission of information signals.

There are frequently used semiconductor integrated circuits formed by integrating a plurality of unit circuits each having component(s) such as bipolar or MOS transistors on the same and one substrate, in which the transfer of information signals is performed between the unit circuits. By the way, the transmission of information signals in any conventional ones is performed by carrier's flow or electric current.

Namely, both reception section and transmission section are composed of transistor or the like as a semiconductor electronic device, and between them there is naturally provided with transmission paths which are conductive wiring paths composed of a metal or the like.

However experiences up to the present indicate that an improvement of integration density will make a progress much more in the future, and it is therefore expected that as unit circuits themselves or elements of each unit circuit become

minute, unit circuits disposed on one substrate are greatly increased in number and become complicated, while it is also expected that the length of the wiring connected among the unit circuits is increased.

Then, if miniaturization makes shorter the time required for unit circuit itself to process electric signals, it is a sufficient fear that time delay of passing electric signals through signal transmission paths among the unit circuits becomes unchanged or longer, thereby deteriorating improvement of overall performance of integrated circuit which has been expected owing to miniaturization in dimension.

In view of the above-described situations, it is an object of the present invention to provide a semiconductor integrated circuit structure having a plurality of unit circuits mounted on the same and one substrate in which the time required for propagating information signals among the unit circuits can be shortened, thereby suppressing the time delay.

In short, the feature of the present invention resides in that instead of transmitting electric signals as they are in the prior art, electric signals are converted once into optical signals to transmit them, and in other words, there is provided with a semiconductor integrated circuit as a whole wherein information signal transmission paths among the unit circuits are composed of an optical waveguide path. A high-speed signal transmission is thereby achieved as a desired object, which will be verified by the following knowledge or principle.

The following equation almost shows the delay time T_{DE} of signal transmission in the semiconductor integrated circuits of the conventional system in which the transfer and reception of signals among unit circuits or unit systems are performed with electric signals by connecting their input and

output elements with a wiring made of a conductive material such as a metal.

$$T_{DE} = C_W L (\Delta V) / I_0 \quad \dots (1)$$

Here, C_W denotes a capacitance per unit length of the wiring, L denotes a length of the wiring, ΔV denotes voltage variation required for detecting signals, and I_0 denotes an output current which can be supplied for driving an output device. On the other hand, in mode of using optical signals, time delay in an optical waveguide path becomes lower to the extent of being negligible, and then delay time T_{DO} of signal transmission is approximately expressed as the sum of delay time T_{DOE} from starting of driving of a light emitting element to light emission of the light emitting element and delay time T_{DOD} from light receiving of a light receiving element to outputting of voltage variation required for detecting signals. That is,

$$T_{DO} = T_{DOE} + T_{DOD} \quad \dots (2)$$

When the driving current of the light emitting element is assumed to be the same as outputting current I_0 in the conventional system for comparison, T_{DOE} and T_{DOD} are approximately expressed as follows:

$$T_{DOE} = C_E V_D / I_0 \quad \dots (3)$$

$$T_{DOD} = (C_D + C_i) (\Delta V) / (\eta_E \eta_D I_0) \quad \dots (4)$$

Here, C_E and V_D denote a terminal capacitance and a terminal voltage, respectively, C_D denotes a terminal capacitance of a light receiving element, C_i denotes an input capacitance of an element connected to the terminal of the light receiving element in order to detect an electric signal, and η_E and η_D denote a light emitting efficiency and a light receiving efficiency, respectively.

As clearly seen from the above equation, time delay of signal transmission due to use of the conventional electric

signals as such is dependent on the length L of the wiring, and on the other hand because time delay in case of being converted into optical signals is not dependent on the length of the wiring. Therefore when assuming fabrication technique to be same, comparison can be made as to up to which length of wiring the conventional system is higher in speed; and as to whether or not the optical conversion system is superior in case where the length of the wiring is higher than the minimum wiring length L_{min} . Its answer is as follows. L_{min} is about 1mm in the present fabricating technique of 3 to 4 μ m rule, while the actual length of wirings is longer than L_{min} , and when considering that wiring length L will be much longer and L_{min} will become lower according to improvement in integration density as expected in the future, it is considered that $T_{DO} \leq T_{DE}$ in spite of requiring photo-electric conversion time. In addition, when the line width of integrated circuit becomes lower than 1 μ m, it cannot be expected that the floating capacitance C_w of the wiring become lower proportional to miniaturization of line width, and delay in unit length of wiring has a low improvement degree in miniaturization of 1 μ m or less. On the other hand, delay time in the optical conversion transmission system is shortened proportional to about a square of miniaturization, and it can be finally judged that the optical conversion system is advantageous with respect to the most part of wiring lengths.

In this way, it is included that the optical conversion system herein suggested by the present inventor is superior to the conventional wiring system.

Fig. 1 shows one example of the present invention based on this knowledge or principle.

Like the conventional integrated circuit structure, a

substrate 1 is formed by stacking a semiconductor layer on a semiconductor crystal or an insulating material base layer, and a plurality of unit semiconductor integrated circuits are formed thereon. By the way, since the present invention is not directly defined by each of unit circuits themselves, their illustration and explanation are omitted.

An insulating film 2 is generally provided on the surface of the substrate 1 for separation between electric wiring regions of integrated circuit and between elements, but in the present example 1, the insulating film 2 is utilized as a kind of a clad layer for an optical waveguide path 3 formed thereon. Thus, in case that the insulating film 2 is not formed in a region where the optical waveguide path 3 is formed, additional insulating film, clad film, or reflecting film may be intentionally formed, and the optical waveguide path 3 may be also formed directly on the substrate 1 if the refractive index of the substrate 1 is lower than that of the optical waveguide path 3 to be formed.

Transmission sections E_i , $i=1,2,3,\dots$ of one unit circuit are disposed on one end of the optical waveguide path 3, and reception sections D_i , $i=1,2,3,\dots$ of another unit circuit which receives signals from the former unit circuit are disposed on the other end of the optical waveguide path 3. Each unit circuit may have a plurality of transmission and a plurality of reception sections if necessary.

Specific examples of constitution of each transmission and reception section are shown in the drawings. As the transmission section E_i , an electro-photo-converting light-emitting element 4 such as a light-emitting diode, or a semiconductor laser are preferable to be disposed on the substrate 1, and it is disposed such that light from its active region or light emitting section 6 is projected into the optical waveguide path 3. The electrode portion 5 for

driving this light emitting element 4 may be formed in the surface of the substrate as shown in the drawings.

On the other hand, a light receiving element 10 as the reception section Di may be constituted to form pn junction, for example, between the first region 7 provided in a part of the substrate surface and the second region 1a as the peripheral part of the first region of the substrate 1, and when the first region 7 is brought into contact with a predetermined electric signal input terminal of the unit circuit having the reception section of the first region, voltage variation generated in the region 7 can be detected as information signal. In addition, the optical waveguide 3 is formed in a downwardly curved shape toward the substrate in order to guide light into this reception section. In order to prevent light leakage especially in the downwardly curved end portion and the end portion in transmission section side, a reflecting film 8 is attached on the peripheral surface of the end portions. However, since total reflection is occurred when the angle of the end portion of the optical waveguide path with respect to a light traveling direction is not less than a critical angle, there is also a case of not requiring the reflecting film 8 especially. The same may be said in case where a lattice with an interval matching with a wavelength of light to be used is disposed on the end portion of the optical waveguide path.

Furthermore, in case that a sectional size of the optical waveguide path 3 is enough larger than the wavelength of light to be used, the propagation state of light wave in the optical waveguide path is represented by geometrical optics, and therefore there is no need for the optical waveguide path to be linear. For example, the optical waveguide path may be disposed with a few curved lines being connected. In this case, highly efficient transmission

property can be achieved, if necessary, by providing a light reflecting film on the outside of the optical waveguide path so as to prevent light leakage from the optical waveguide path.

The first example has been described hereto, but it is also considered that when the sectional size of the optical waveguide path is miniaturized to the extent of being equal to the wavelength of light in the optical waveguide path, the light propagating state in the optical waveguide path cannot be expressed by geometrical optics with a result of not permitting easy curving of the optical waveguide path. To cope with this, much higher accuracy of processing technique and much higher quality of optical waveguide materials are required, thereby falling into a state where a yield of the whole system is lowered and then cost reduction is difficult to be achieved.

Fig. 2 shows the second example which overcomes this problem. Elements in Fig. 2 corresponding to those in the first example are represented with the corresponding reference numbers, while, as shown in Fig. 2(a) which is a plan view of the optical waveguide path 3 taken alone, the second example does not employ each of the optical waveguide paths in a stripe shape which is used for only one pair of transmission and reception sections, but employs a plane-shaped optical waveguide path 3 as a common optical waveguide path structure, and, also in the second example, transmission sections E_i and reception sections D_i of each unit circuit to be interconnected with the plane-shaped optical waveguide path 3 are arranged at a plurality of positions on the side walls of the optical waveguide path 3.

Fig. 2 briefly shows three transmission sections E_1 to E_3 and reception sections D_1 to D_3 , each being paired one by one, wherein each pair is disposed on each apex of the plane-

shaped optical waveguide path 3 having a substantially triangular shape. Each apex is planed off so that one pair of the transmission and reception sections is easily positioned, and therefore it can be said that the plane-shaped optical waveguide path 3 appears to be a hexagonal shape formed by alternately using short sides and long sides, and each pair of the transmission and reception sections is positioned at each short side.

Of course, the shape of the plane-shaped optical waveguide path is not limited to the above-mentioned shape, but is arbitrary, and also the number of unit circuits or the number of the transmission and reception sections may be arbitrary as needed.

As shown in the sectional view of Fig. 2(b), light emitting elements 4 and light receiving elements 10 constituting each transmission section and reception section may be suitably composed of the same constitution as shown in Fig. 1. In addition, in such a constitution of the optical waveguide path, the light emitting section 4 may be, for example, endowed with a directivity so as to send light only to a specific light receiving element, and as shown with arrow I in Fig. 2(a), a non-directive light-emitting diode may also be utilized to transmit light to all light receiving elements 10 ... Whether or not the received light signal is utilized as an information may be leaved to the option of each unit circuit.

When the optical waveguide path is formed in a plane shape as this example, its sectional size may be given sufficiently larger than the wavelength of light wave therein, consequently avoiding the above noted restriction.

Further, Fig. 2(b) schematically shows a semiconductor integrated circuit 11 which is formed by the conventional technology and performs a desired function by processing

electric signals.

Regardless of the first and second examples, it is preferable that the material of the optical waveguide path has no absorptiveness of light wave therein, or if it has, a extremely lower absorptiveness. For example, it is preferable that the material has band gap sufficiently larger than the energy of light wave therein.

Next, preferable examples are described in detail as follows regarding materials and fabrication method.

In case that the substrate 1 is made of silicon, the light emitting element 4 may be a red light emitting diode formed by introducing Zn atoms and O atoms, or a green light emitting diode formed by introducing N atoms into GaP as a light emitting center which can epitaxially grow on the silicon substrate by way of liquid or gas phase epitaxial method, MBE or the like, where GaP not doped with impurities may be used for the optical waveguide path 3 as suitable in this case. Since the energy of light passing through the optical waveguide path of GaP is lower than a band gap of the corresponding GaP, undesirable light absorption can be avoided.

In addition, when an opening is formed in the insulating film 2 on the substrate 1 and then an epitaxial growth of GaP is performed, single crystal of GaP can be grown in the opening, and polycrystal or amorphous GaP is grown on the insulating film. And, when N atoms, Zn atoms and O atoms are selectively introduced into GaP single crystal formed on the opening, the light emitting element, the light receiving element and the optical waveguide path can be formed as one body, thereby permitting omitting of a position matching step for each of the light emitting and receiving elements and the optical waveguide path, which is required in case of forming them separately. Light emitting

mechanism includes a mechanism of forming pn junction in GaP, or a mechanism by hetero structure to inject carriers from a junction face between the region 5 and GaP.

When growth of $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ is performed on GaP in the portion of the light emitting element, a light emitting wavelength becomes smaller than band gap energy of GaP used in the waveguide path, thereby not causing the light absorption like the above case. Further, a laser diode may be formed in case where the amount of In is increased. Laser emitting is allowed by employing the hetero structure of (p-type GaP)/(p- or n-type $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$)/(n-type GaP).

As explained above in detail, the present invention can decrease signal transmission delay due to the wiring of semiconductor integrated circuit formed on the same substrate or chip, and can achieve improvement of performance corresponding to miniaturization, and can achieve a high-speed signal transmission among the unit circuits and a high-functionality of the whole system.

Furthermore, in case of the plane-shaped structure of the optical waveguide path as shown in Fig. 2, integrated optical pass function can be achieved by utilizing LED with low directivity as a light emitting element. That is, when light emitting elements as signal transmitting terminals and light receiving elements as signal receiving terminals are coupled in required number at the end portion of the plane-shaped waveguide path, signals can be transmitted from one transmitting terminal to one receiving terminal with signal delay much lower than that in case of using the conventional electric signal pass line.

4. BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1(a) is a schematically constitutional plan view showing the first example of the present invention;

FIG. 1(b) is a sectional end view taken along the line

X-X of FIG. 1(a);

FIG. 2(a) is a schematically constitutional plan view showing the main portion of the second example; and

FIG. 2(b) is a sectional end view taken along the line X-X of FIG. 2(a).

1: substrate, 3: optical waveguide path, 4: light emitting element, 10: light receiving element, Ei: transmission section, Pi: reception section.

なわち、この面状導波路の端部に信号送端としての発光素子、信号受端としての受光素子を必要個数結合しておけば任意の送端から任意の受端へ、従来の電気信号バスラインを用いたときの信号遅れよりはるかに小さい遅れで、信号の送信が可能となる。

4 図面の簡単な説明

第1図(a)は本発明第一の実施例の平面図的な概略構成図、第1図(b)は第1図(a)中のX-X線に沿う断面端面図、第2図(a)は第二実施例の平面図的な要部概略構成図、第2図(b)は第2図(a)中のX-X線に沿う断面端面図、である。

図中、1は基板、3は光導波路、4は発光素子、10は受光素子、E_iは送信部、P_iは受信部、である。

FIG. 1(a)

第1図(a)

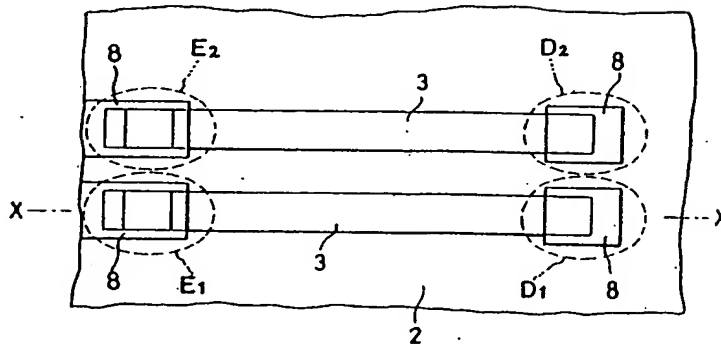


FIG. 1(b)

第1図(b)

